



Bürgermeisteramt Michelbach
Hirschfelder Str. 13
74544 Michelbach a. d. Bilz

Baugrunduntersuchung
Altlastenerkundung
Standsicherheitsberechnungen
Bohrungen
Geothermie
Labor- und Feldversuche
Beweissicherung
Bauleitung
Mühlgraben 34
73479 ELLWANGEN

Telefon 0 79 61/9 33 89 0
Telefax 0 79 61/9 33 89 29
e-mail bfi@bfi-zeiser.de
Internet www.bfi-zeiser.de

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

Datum

gz-sr-sw/ Az. 115610

25.05.2016

Michelbach/Bilz, BP Taubental

hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung

Auftraggeber:

Bürgermeisteramt Michelbach
Hirschfelder Str. 13
74544 Michelbach a. d. Bilz

Planung:

Ingenieurbüro Bürgel
Im Brühl 8
74547 Untermünkheim

Ingenieurgeologische
Untersuchung und Beratung:

Büro für Ingenieurgeologie
BFI Zeiser GmbH & Co. KG
Mühlgraben 34
73479 Ellwangen

INHALTSVERZEICHNIS

Textteil	Seite
1. Planunterlagen	4
2. Lage und Aufgabenstellung	4
3. Untergrund.....	5
3.1 Geologische Situation.....	5
3.2 Stratigrafie	6
3.3 Homogenbereiche	7
3.4 Frostempfindlichkeit	9
3.5 Geotechnische Kategorie.....	9
3.6 Wasserverhältnisse	10
3.7 Laborversuche.....	11
3.7.1 Natürlicher Wassergehalt	11
3.7.2 Betonaggressivität des Grundwassers	12
3.7.3 Untersuchung der Auffüllung nach VwV	12
3.7.4 Sulfatanalyse	12
4. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen	13
5. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	14
5.1 Kanäle	14
5.1.1 Gründung des Rohraufagers.....	14
5.1.2 Sicherung der Kanalgräben.....	14
5.1.3 Kanalgrabenverfüllung.....	15
5.2 Straßenbau.....	17
5.3 Gebäude	18
5.3.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten	18
5.3.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung	19

5.4	Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile	20
5.5	Arbeitsraumverfüllung	20
5.6	Bodenkennwerte.....	21
6.	Abnahme und Haftung	23

Anlagenteil

Anlage 1:	Lageplan mit Lage der Bohrungen B 1 - B 13	M. 1 : 250
Anlage 2.1:	Schnitt Straße A: Darstellung der Bohrungen B 1 und B 5	M. 1 : 75
Anlage 2.2:	Schnitt Straße B: Darstellung der Bohrungen B 5, B 10 und B 13	M. 1 : 50
Anlage 2.3:	Schnitt Straße C und Straße D: Darstellung der Bohrungen B 3, B 4, B 8, B 9, B 11 und B 12	M. 1 : 50
Anlage 2.4:	Schnitt Straße E und Straße F: Darstellung der Bohrungen B 1, B 2, B 6 und B 7	M. 1 : 50
Anlage 3:	Analyseergebnis nach DIN 4030	
Anlage 4:	Analyseergebnis nach VwV	

1. Planunterlagen

Zur Ausarbeitung des Gutachtens standen dem BFI folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Lageplan M. 1 : 500 vom 07.01.2016

Die Pläne der Telekom sowie der öffentliche Leitungen (Gas, Wasser, Strom) wurden vom BFI eingeholt.

2. Lage und Aufgabenstellung

Das Baugebiet „Taubental“ liegt im Norden von Michelbach/Bilz und schließt unmittelbar nördlich an den bereits erschlossenen Teil des Wohnbaugebietes an.

Das Gelände fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von 379,72 mNN im Süden (B 12) auf 370,40 mNN im Nordwesten (B 1) ein und wurde vormals landwirtschaftlich genutzt.

Das BFI wurde von der Gemeinde Michelbach per Mail vom 17.03.2016 beauftragt, eine Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung für die geplante Erschließung durchzuführen. Ferner soll der anstehende Boden gemäß VwV untersucht werden.

3. Untergrund

3.1 Geologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 20.04.2016 auftragsgemäß 13 Bohrungen (B 1 – B 13) bis 5,00 m bzw. 5,50 m Tiefe unter Gelände abgeteuft. Die Bohrpunkte wurden vom Vermessungsbüro Ralph Otterbach eingemessen und ausgepflockt.

Die Lage der Bohrungen kann dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 29.03.2016 beim Landratsamt Schwäbisch Hall eine Bohranzeige eingereicht. Die Bohranzeige wurde vom Landratsamt mit Entscheidung vom 04.04.2016 unter Auflagen bestätigt.

Anhand der Aufschlüsse ergibt sich folgendes Bild vom Untergrund (s. auch Anlage 2.1 – 2.3):

In den Bohrungen wurde zunächst ein schluffiger Ton mit Gipsbröckchen erkundet. Der Ton steht in steifer bis halbfester und halbfester Konsistenz an. Ab einer Tiefe von 0,90 m bzw. 3,50 m unter GOK wurde der Ton lokal mit weicher und weicher bis steifer Konsistenz angesprochen.

Ab einer Tiefe von 2,30 m bzw. 5,00 m unter GOK steht in den Bohrungen ein harter Gips bzw. ein mürber Tonstein an. Dieser wurde bis zur Endtiefe von 5,00 m bzw. 5,50 m unter GOK aufgeschlossen.

Zusammenfassend wurde OK der Festgesteine in den Bohrungen in folgenden Tiefen angetroffen (s. Tabelle 1):

Tabelle 1: OK Festgestein

Bohrung B	Ansatzpunkt mNN	OK Festgestein	
		m unter GOK	mNN
1	370,40	3,00	367,40
2	371,54	4,00	367,54
3	372,80	4,90	367,90
4	374,76	3,80	370,94
5	377,99	-	-
6	371,65	3,80*	367,85*
7	373,17	-	-
8	373,88	4,80	369,08
9	375,50	3,30	372,20
10	377,26	3,00	374,26
11	375,94	5,30	370,64
12	379,72	2,30	377,42
13	380,29	5,00	375,29

* von weichen, bindigen Schichten unterlagert

- kein Fels angetroffen

3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch handelt es sich bei den in den Bohrungen angetroffenen Tonsteinen und Gips um den Gipskeuper. Die darüber lagernden Tone sind dessen quartäre Verwitterungsdeckschicht.

Wir weisen darauf hin, dass in den Schichten des Gipskeupers mit Verkarstungen und Hohlräumen zu rechnen ist. Für Einzelbauvorhaben ist daher zwingend ein Einzelgutachten mit einem engeren Aufschlussraster und tieferen Bohrungen erforderlich.

3.3 Homogenbereiche

Die in den Bohrungen angetroffenen Bodenarten wurden zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Homogenbereiche (1 – 3) sind den in Anlage 2 dargestellten Bodenprofilen zu entnehmen. Sie sind am rechten Rand der Profile, hinter der Schichtbeschreibung dargestellt. Die Einteilung erfolgte auf Grundlage der Bodenansprache und der Laborversuche, wobei die Schichten entsprechend ihrer Eigenschaften zu Homogenbereichen zusammengefasst wurden.

Entsprechend der **DIN 18300 – Erdarbeiten** wurden die oberflächennah angetroffenen Tone dem **Homogenbereich 1** zugeordnet. Die mürben Tonsteine wurden unter dem **Homogenbereich 2** zusammengefasst. Für den Gips wird der **Homogenbereich 3** beschrieben.

Die innerhalb der festgelegten Homogenbereiche zu erwartende Bandbreite der Eigenschaften wird auf Grundlage von Erfahrungswerten und den durchgeführten Laborversuchen angegeben und kann der Tabelle 2 entnommen werden. Wo Erfahrungswerte durch Laborversuche belegt sind, wurden diese Werte mit einer ¹⁾ gekennzeichnet.

Für Bohrarbeiten zur geotechnischen Erkundung wurden die Bodenarten nach **DIN 18301 - Bohrarbeiten** in der letzten Zeile der Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Homogenbereiche

Bezeichnung	Homogenbereich		
	1 (Tone)	2 (Tonstein)	3 (Gips)
Bodengruppe nach DIN 18196	TA, TL, TM	-	-
Korngrößenverteilung nach DIN 18123	-	-	-
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	gering - mittel < 5 % - 20 %	-	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	10 % - 40 % (22,58 % - 25,57 %) ¹⁾	-	-
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	weich - halbfest Ic 0,5 - > 1,0 Ip 4% - > 20 %	-	-
undrännierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	25 kN/m ² - 600 kN/m ²	-	-
organischer Anteil nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2	nicht vorhanden V _{GI} < 2 %	-	-
Lagerungsdichte nach DIN 18126, DIN EN ISO 14688-2	-	-	-
Dichte nach DIN 18125-2	1,55 g/cm ³ - 1,85 g/cm ³	2,50 g/cm ³ - 2,50 g/cm ³	2,50 g/cm ³ - 2,85 g/cm ³
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	sehr mürb bis mäßig hart < 1,25 MN/m ² bis < 50 MN/m ²	mäßig hart bis hart < 50 MN/m ² bis > 50 MN/m ²
Trennflächen, DIN EN ISO 14689-1	-	sehr dünnbankig - dickbankig	sehr dünnbankig - dickbankig
Verwitterung DIN EN ISO 14689-1	-	frisch - mäßig verwittert	frisch - mäßig verwittert
Veränderlichkeit DIN EN ISO 14689-1	-	veränderlich	veränderlich
Homogenbereiche für Bohrungen zur geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach DIN 18301	bindige, nicht bindige oder organische Böden	Fels oder Stufen des verwitterten Fels	Fels oder Stufen des verwitterten Fels

¹⁾ durch Laborversuche belegt

3.4 Frostempfindlichkeit

Nach ZTVE-StB 09 erfolgt die Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen in drei Frostempfindlichkeitsklassen:

F 1	nicht frostempfindlich
F 2	gering- bis mittelfrostempfindlich
F 3	sehr frostempfindlich

Nach dieser Einteilung sind die Tone der **Frostempfindlichkeitsklasse F 3** zuzuordnen.

3.5 Geotechnische Kategorie

Die bautechnischen Maßnahmen sind nach DIN 1054 in die Geotechnischen Kategorien GK 1, GK 2 oder GK 3 einzustufen. Maßgebend für die Einstufung ist dabei jenes Merkmal, das die höchste Geotechnische Kategorie ergibt. Für Baugrund und Grundwasser ergibt sich dabei folgende Einstufung:

Baugrund:	GK 3	(Fels, der zu Zerfall neigt (Gips), weiche Bereiche)
Grundwasser:	GK 2	(Schichtgebundene Wässer in Einschnitten möglich)

Hieraus ergibt sich aus baugrundgeologischer Situation eine Einstufung in die Geotechnische Kategorie 3. Für die Bauwerke ist zu prüfen, ob die Einstufung eine höhere Geotechnische Kategorie erforderlich wird.

3.6 Wasserverhältnisse

In einigen der Bohrungen wurden während der Bohrarbeiten Grundwasserzutritte verzeichnet. Die angetroffenen Wasserstände nach Abschluss der Bohrarbeiten sind in Tabelle 3 dargestellt:

Tabelle 3: Wasserzutritte

Bohrung B	Ansatzhöhe [mNN]	Wasserzutritte angebohrt (20.04.2016)	
		[m u. GOK]	[mNN]
1	370,40	3,50	366,90
2	371,54	4,00	367,54
3	372,80	2,60	370,20
4	374,76	-	-
5	377,99	-	-
6	371,65	4,20	367,45
7	373,17	-	-
8	373,88	-	-
9	375,50	-	-
10	377,26	-	-
11	375,94	-	-
12	379,72	-	-
13	380,29	-	-

- kein Wasser angetroffen

Bei dem Wasser handelt es sich um Grundwasser. Beim Einschneiden in das Gelände muss daher in Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen lokal und temporär auch mit höheren Grundwasserständen gerechnet werden.

Wasserstandsmessungen im offenen Bohrloch zeigen lediglich die Wasserstände an, die sich im Zeitraum zwischen dem Abteufen und dem Verschließen der Bohrlöcher eingestellt haben. In Abhängigkeit von der Porosität und der Klüftigkeit und somit

der Durchlässigkeit der aufgeschlossenen Bodenschichten, können die Wasserstände jedoch im Bohrloch zeitverzögert ansteigen, so dass die Wasserstandsmessungen nicht zwangsläufig den Ruhewasserspiegel repräsentieren. Genaue Messungen des Ruhewasserspiegels und langfristige Beobachtungen der Grundwasserganglinie sind daher nur in Grundwassermessstellen, die in den Grundwasser führenden Schichten verfiltert sind, möglich.

3.7 Laborversuche

3.7.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen wurden 28 gestörte Proben entnommen, von denen 10 auf ihren natürlichen Wassergehalt untersucht wurden. Dabei wurden die in Tabelle 4 aufgeführten Werte ermittelt.

Tabelle 4: natürliche Wassergehalte

Probe P	Bohrung B	Tiefe [m]	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt [Gew.-%]
1/1	1	2,50	T,kb (w)	23,18
1/2	2	2,00	T,gb (hf)	20,24
1/3	3	1,00	T,u,tb (hf)	29,96
1/5	5	1,50	T,gb (hf)	27,31
1/8	8	1,00	T,u (hf)	33,52
1/9	9	1,00	T,u (hf-f)	25,17
1/10	10	0,50	T,gb,u (st-hf)	26,41
1/11	11	1,00	T,u',gb (hf)	21,50
2/11	11	3,50	T,u',gb (w)	22,00
1/13	13	1,00	T,gb,u' (hf)	31,08

3.7.2 Betonaggressivität des Grundwassers

Aus der Bohrung B 6 wurde eine Wasserprobe (WP 2) entnommen und nach den Vorgaben des Ladratsamtes und auf betonangreifende Bestandteile untersucht.

Nach den vorliegenden Analysenergebnissen ist **das Wasser nach DIN 4030** aufgrund des Gehaltes an Sulfat von 700 mg/l als **mäßig angreifend** einzustufen (s. Anlage 3). Nach E DIN 1045-2 erfolgt die Einstufung des Angriffsgrades somit in die **Expositionsklasse XA 2**.

3.7.3 Untersuchung der Auffüllung nach VwV

Der in den Bohrungen angetroffene Boden, wurde auftragsgemäß an einer Mischprobe MP 1 (aus P 1/2, P 2/2 P 1/3, P 1/5, P 2/5 und P 3/5) laborchemisch nach dem Parameterumfang der "Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial" (VwV Boden) analysiert.

Das Ergebnis ist in Anlage 4 dargestellt.

Danach weist das Material erhöhte Gehalte an Sulfat von 1500 mg/l und der Leitfähigkeit von 770 mg/l auf. Die erhöhten Gehalte sind geogen bedingt. Die restlichen Parameter unterschreiten die Z 0-Zuordnungswerte der VwV Boden.

Das Material kann daher, gemäß der vorliegenden Analyse, in gleichen geologischen Schichten in die Qualitätsstufe Z 0 nach VwV Boden eingestuft und uneingeschränkt verwertet werden. Bei Einbau in anderen geologischen Schichten entspricht das Material der Qualitätsstufe > Z 2 nach VwV Boden und muss entsorgt werden. Dazu sind vorab repräsentative Analysen nach Deponieverordnung erforderlich.

3.7.4 Sulfatanalyse

Das Bauvorhaben liegt Stratigraphisch in den Schichten des Gipskeupers. Hier sind erhöhte Sulfatgehalte zu erwarten. Bei sulfathaltigen Untergrundverhältnissen kann

es durch das Einarbeiten von Bindemitteln zu Quellprozessen kommen, die zu Aufwölbungen und Schäden an Bauwerken führen können. Daher wurde der Boden an zwei Proben (P 3/10 und P 1/12) auf Sulfat untersucht.

Tabelle 5: Sulfatanalyse

Probe-Nr.	P 3/10	P 1/12	Sulfatanalyse
Bodenart	Ton	Ton	vorgeschlagener Grenzwert aus Veröffentlichung der 8. Erdbaufachtagung vom 10.02.2012 von Herrn Prof. Dr. Witt
Einheit			
Feststoffparameter			
mg/kg	73.400	8.360	< 3000

Diese Werte liegen über weit dem in einer Veröffentlichung der 8. Erdbaufachtagung vom 10.02.2012 von Herrn Prof. Witt, Universität Weimar vorgeschlagenen Grenzwert von 3000 mg/kg, der als unkritisch für bodenstabilisierende Maßnahmen erachtet wird.

Wir raten im vorliegenden Fall dringend von einer Bodenverbesserung mit Bindemittel ab.

4. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen

Das Bauvorhaben liegt nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg **in keiner Erdbebenzone.**

5. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen

5.1 Kanäle

5.1.1 Gründung des Rohraufagers

Nach Auskunft von Herrn Gehring, IB Bürgel, liegt die Verlegetiefe der Kanäle nach aktuellem Planstand bei bis zu 4,00 m unter GOK. Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen somit lokal bereits in den mürben Tonsteinen und im harten Gips und lokal in den weichen, steifen und halbfesten Tonen mit Gipsbröckchen liegen.

Das Rohraufager kann in den Festgesteinen ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden. Wo lokal nur weiche Tone anstehen sowie für den Fall, dass die Tone oder Tonsteine durch Niederschlags- bzw. Schichtwasser aufweichen, ist in der Ausschreibung unter dem Rohraufager ein Bodenaustausch in einer Stärke von 0,20 m - 0,30 m mit Baustoffgemisch 0/56 mm, vorzusehen.

Im Baugebiet ist lokal und temporär mit Stau- und Schichtwasserzutritten sowie mit Grundwasser zu rechnen. Wir schlagen daher vor, in Bereichen, in denen Wasser anfällt, beim Verlegen des Kanalgrabens eine Dränage mitzuziehen, um das anfallende Wasser abzuleiten. Die Dränage ist nach Abschluss der Arbeiten abschnittsweise wieder zu plombieren, um keine dauerhafte Entwässerung des Hanggeländes zu bewirken.

5.1.2 Sicherung der Kanalgräben

Wir schlagen vor, den Kanalgraben im Bereich der Verwitterungsschichten z. B. mit Verbaulementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern. Im Tonstein und Gips können die Gräben auch frei, mit 70 ° geböschet werden, sofern diese in tieferen Einschnitten hierzu eine ausreichende Gebirgsfestigkeit aufweisen. Es ist zu beachten, dass die Tonsteine bei Wasserzutritten rasch entfestigen und dann nicht mehr standsicher sind. Der Verbau muss dann im Absenkverfahren eingebracht werden.

Im Übrigen sind die einschlägigen Richtlinien und Normen zu beachten. Dies sind insbesondere:

- DIN EN 1610 Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen
- DIN EN 805 Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden
- TRWV DVGW W 400 Technische Regeln Wasserverteilung
- ZTVA-StB 12 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen
- ZTVE-StB 09 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

Vor Beginn der Baumaßnahme ist zu prüfen, ob einzelne Gebäude in Abhängigkeit zu ihrer Entfernung und Gründungstiefe einen Lasteinfluss auf den Kanalgraben ausüben. Gegebenenfalls werden dann zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung des Kanalgrabens bzw. des Gebäudebestandes erforderlich. Insbesondere bei nahe angrenzenden Gebäuden und bei nicht unterkellerten Gebäuden wird dies u. U. der Fall sein.

5.1.3 Kanalgrabenverfüllung

Der in den Bohrungen angetroffene, sehr mürbe bis mürbe Tonstein bis Steinkorngröße können zur Verfüllung der Arbeitsräume und Kanalgräben bis ca. 0,50 m unter Planum verwendet werden.

Es ist jedoch darauf zu achten, dass das Material vor Witterungseinflüssen geschützt zwischengelagert, oder unmittelbar nach dem Aushub wieder eingebaut wird, um ein Aufweichen durch Niederschläge zu verhindern. Das Material ist beim Einbau im Bereich seines optimalen Wassergehaltes lagenweise ($\leq 0,40$ m)

einzubauen und mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 97 \%$ zu verdichten. Um dies zu gewährleisten, ist das Material im Vorfeld des Einbaus auf seine Eignung zu untersuchen. Bei zu hohen Wassergehalten muss das Material ausgetauscht werden. Die Kanalgräben können dann mit gut verdichtungsfähigem, bindigkeitsarmem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100 \%$ verfüllt werden.

Von einer Verbesserung der anstehenden Böden mit Bindemitteln raten wir in den Schichten des Gipskeupers aufgrund der in Kapitel 3.7.4 beschriebenen Risiken des Sulfattreibens dringend ab.

Prinzipiell sind beim Verfüllen der Leitungsgräben die Angaben der ZTVE und der Rohrhersteller zu beachten.

Sofern die Kanalarbeiten in die Wasser führenden Schichten eingreifen, ergeben sich Veränderungen in der hydrogeologischen Situation des Geländes.

Sollen die Auswirkungen dieses Eingriffs möglichst reduziert werden, so ist beim Anschneiden von Wasserwegsamkeiten darauf zu achten, dass keine ständige Entwässerung durch die dränierende Wirkung längs der Leitungszone erfolgt. Umgekehrt ist sicher zu stellen, dass vorhandene Wasserwegsamkeiten nicht blockiert werden. In der Ausschreibung sind daher Querriegel aus Beton oder Ton in der Leitungszone vorzusehen. Die Querriegel sind in Konformität mit den Vorgaben der Rohrstatik, z. B. im Bereich der Schächte, z. B. an den Kreuzungspunkten, sowie bei Bedarf auch innerhalb der wasserführenden Bereiche anzuordnen. Der genaue Abstand sowie der Lage der Querriegel sind im Zuge der Baumaßnahme in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten festzulegen. Wir empfehlen, in der Ausschreibung vorab von ca. 8 Riegeln auszugehen.

Ferner empfehlen wir, in der Ausschreibung eine temporäre Wasserhaltung in der dränfähigen Schicht vorzusehen, um einen trockenen Einbau der darüber erforderlichen, dichten Schicht mit ausreichender Verdichtungsleistung und frei von Auftrieb ermöglichen zu können.

Maßgeblich für die Anordnung der Riegel ist die Fließrichtung des Grundwassers. Es sollen keine neuen Wasserwegsamkeiten geschaffen werden und bestehende beibehalten werden. Die Maßnahmen werden daher baubegleitend festzulegen sein.

Trotz der o. g. Maßnahmen können sich Veränderungen in den Wasserwegsamkeiten durch die Erschließungsmaßnahme nicht ausschließen lassen. Im Hinblick auf die spätere Bebauung ist ferner zu diskutieren, ob ein erhöhter Aufwand bei der Kanalgrabenverfüllung zu rechtfertigen ist, falls durch eine dichte Bebauung mit unterkellerten Gebäuden ohnehin eine Entwässerung über Gebäudedrängen erfolgt

5.2 Straßenbau

Nach den Angaben des IB Gehring, Herr Gehring, liegt die Belastungsklasse nach RStO der Zufahrtsstraße bei Bk 1,0 und der Siedlungsstraßen bei Bk 0,3.

Auf Niveau Planum stehen nach den Ergebnissen der Bohrungen vorwiegend schluffige Tone mit Gipsbröckchen an.

Nach RStO bzw. ZTVE-StB 09 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Der Verdichtungsgrad des Planums muss bei gemischt- und feinkörnigen Böden bis 0,50 m Tiefe $D_{Pr} \geq 97 \%$ und bei grobkörnigen Böden $D_{Pr} \geq 100 \%$ betragen. Nach ZTVE (Tabelle 9) kann dem Verdichtungsgrad von 100 % bei grobkörnigen Böden als Richtwert ein Verhältniswert von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ zugeordnet werden. Nach ETV-StB-BW, Teil 1 kann zur Beurteilung des Verdichtungszustandes ergänzend zur Tabelle 9 bei feinkörnigen Böden von einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,0$ und bei gemischtkörnigen Böden von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ ausgegangen werden.

Der auf dem Planum geforderte Wert wird auf den anstehenden, wasserempfindlichen Tonen nicht erreichbar sein. Wir schlagen deshalb vor, auf Planum einen ca. 0,40 m starken Bodenaustausch mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem und verdichtungsfähigem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, ausgeführt werden. In Bereichen, in denen der Ton in nur weicher Konsistenz ansteht ist der Bodenaustausch auf 0,60 m zu verstärken. Dabei ist sicher zu stellen, dass sich kein Niederschlagswasser in der Schotterpackung aufstaut und dann den darunter liegenden Boden aufweicht. Auf UK Austauschkörper ist daher eine Drainage vorzusehen, auf die ein Gefälle auszubilden ist.

Auf der ungebundenen Tragschicht ist nach RStO, bzw. ZTV-SoB bei der Belastungsklasse 1,0 ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ ($E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$). Bei Straßen der Belastungsklasse 0,3 ist auf OK der ungebundenen Tragschicht ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verdichtungsverhältnis $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ nachzuweisen.

Wir empfehlen, die Gesamtstärke von Frostschutz- und Tragschicht bei den Belastungsklassen 1,0 bis 100 nicht unter 0,45 m und bei der Belastungsklasse 0,3 nicht unter 0,35 m zu wählen, um die auf OK Tragschicht geforderten Tragfähigkeiten zu erreichen.

Im Übrigen sind bei Herstellung des Erdplanums, der Frostschutzschicht und der oberen Tragschicht die "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau" (ZTVE-StB 09) und die "Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau" (ZtV-SoB-Stb 04) zu beachten.

5.3 Gebäude

5.3.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen unterkellerten Gebäude bei einer angenommenen Geschosshöhe von etwa 3,00 m in Abhängigkeit von der Lage des Bauvorhabens im Baugebiet lokal bereits im Tonstein bzw. Gips und lokal noch in den Tonen liegen.

Die Gründungssohlen nicht unterkellerten Gebäude werden bei frostsicherer Gründung, 1,00 m unter GOK, in den Tonen liegen, die in weicher, steifer und halbfester Konsistenz anstehen.

Allgemein ist auf eine einheitliche Gründung zu achten. D. h. eine Gründung z. T. auf den Festgesteinen und z. T. auf den Tonen ist nicht zulässig, da Setzungsdifferenzen zu erwarten sind, die zu Bauwerksschäden führen werden.

Aufgrund des inhomogenen Untergrunds und der möglichen Hohlräume können detaillierte Angaben zur Gründung erst nach weiteren und tieferen Aufschlüssen

gemacht werden. Grundsätzlich ist eine Platten Gründung anzustreben. Lokale Hohlräume können mit einem Riegelrost überspannt werden. Aufgrund der Untergrundverhältnisse und der Einordnung in die GK 3 ist eine Gründungsberatung im Einzelfall zwingend erforderlich.

5.3.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Unbelastete Baugrubenböschungen dürfen oberhalb des Grundwassers bis zu einer Höhe von maximal 5,00 m im weichen und steifen Ton mit einer maximalen Neigung von $\beta \leq 45^\circ$ hergestellt werden. In den mindestens halbfesten Tonen und den Tonsteinen bzw. dem Gips sind Böschungsneigungen von 60° zulässig. Es ist zu beachten, dass die Tonsteine bei Wasserzutritten rasch entfestigen und dann nicht mehr standsicher sind.

Die Böschungsschulter muss auf einer Breite von mindestens 2,00 m frei von Lasten sein.

Um Erosionsschäden zu vermeiden und um die Böschungswände vor Witterungseinflüssen bzw. dem Zutritt von Oberflächenwasser zu schützen, sind die Böschungen gegen überfließendes Niederschlagswasser sowie gegen Austrocknung zu sichern und mit Kunststoffolie abzuhängen. Die Kunststoffolie muss so angebracht werden, dass kein Niederschlagswasser unter die Folie gelangen und die Folie nicht vom Wind weggeklappt werden kann.

Gruben für Fundamente und Fundamentvertiefungen können kurzzeitig senkrecht hergestellt werden, dürfen aber unter keinen Umständen betreten werden.

Im Übrigen sind die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) sowie die DIN 4124 zu berücksichtigen.

Lokal und temporär in die Baugrube zutretende Schichtwässer können über eine offene Wasserhaltung abgezogen werden.

5.4 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile

Grundwasser wurde bei den Bohrungen B 1, B 2, B 3 und B 6 angetroffen. Die restlichen Bohrungen waren bis Abschluss der Arbeiten trocken. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch temporär mit Sickerwasserzutritten sowie höheren Grundwasserständen gerechnet werden. Zudem werden verfüllte Baugruben nach starken Niederschlägen allmählich mit Wasser gefüllt.

Zum Schutz der ins Erdreich einschneidenden Bauteile gegen Staunässe und Sickerwasser sind entlang erdberührender Außenwände gemäß DIN 4095 Dränagen einzubauen. Gebäude, die ins Grundwasser einschneiden sind wasserdicht und auftriebssicher auszuführen.

Wir empfehlen im Vorfeld der weiteren Planung mit dem Landratsamt abzustimmen, ob Dränagen genehmigt werden.

5.5 Arbeitsraumverfüllung

Die in den Bohrungen angetroffenen Tone können zum Verfüllen der Arbeitsräume verwendet werden, wenn Setzungen an der Geländeoberfläche toleriert werden (z.B. in Grünflächen).

Es ist jedoch auf eine trockene, witterungsgeschützte Zwischenlagerung zu achten, um ein Aufweichen des Materials zu verhindern. Wird weiches oder aufgeweichtes Material eingebaut, so muss mit starken Setzungen gerechnet werden, da die Verdichtbarkeit des Bodens mit zunehmendem Wassergehalt abfällt und eine ausreichende Verdichtung bei sehr hohen Wassergehalten des Bodens dann nicht mehr möglich ist.

Überbaute Arbeitsräume, in denen keine Setzungen auftreten dürfen, wie bspw. unter Zufahrten, Terrassen oder PKW-Stellflächen, sind mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm zu verfüllen und mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Auch sind entsprechende Verdichtungsnachweise zu erbringen.

5.6 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

Hinterfüllung/ Bodenaustausch:

Sandiger Kies bzw. Schotter, bindigkeitsarm, $D_{Pr} \geq 100\%$	cal γ	=	21	kN/m ³
	cal γ'	=	12	kN/m ³
	cal ϕ'	=	37	°
	cal c'	=	0	kN/m ²

Anstehend:

Ton, schuffig weich, weich-steif	cal γ	=	19	kN/m ³
	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	3	kN/m ²

Ton, schuffig steif, steif-halbfest	cal γ	=	19	kN/m ³
	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	5	kN/m ²

Ton, schuffig halbfest	cal γ	=	19	kN/m ³
	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	7	kN/m ²

Tonstein sehr mürb, mürb	cal γ	=	22	kN/m ³
	cal γ'	=	13	kN/m ³
	cal ϕ'	=	35	°
	cal c'	=	25	kN/m ²

Gips	$\text{cal } \gamma$	=	22	kN/m ³
	$\text{cal } \gamma'$	=	13	kN/m ³
	$\text{cal } \varphi'$	=	35	°
	$\text{cal } c'$	=	30	kN/m ²

Dabei sind:

$\text{cal } \gamma$	=	Feuchtwichte
$\text{cal } \gamma'$	=	Wichte unter Auftrieb
$\text{cal } \varphi'$	=	Reibungswinkel
$\text{cal } c'$	=	Kohäsion

Hinsichtlich Hinterfüllung und Erddruckbeanspruchung ist das "Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke" zu beachten.

6. Abnahme und Haftung

Haftungsvoraussetzungen sind:

- die Zusendung der Ausführungspläne,
- die Abnahme der Kanalgrabensohlen,
- die Durchführung von Verdichtungskontrollen der Kanalgrabenverfüllung,
- die Abnahme von Planum und Tragschichten durch Plattendruckversuche

Für die Einzelbauvorhaben ist die Hinzuziehung des BFI zur Erkundung des Baugrundes und zur Gründungsberatung im Einzelfall Voraussetzung für die Haftung.

Für das BFI:

Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. G. Zeiser

B.Eng. S. Reeb

Dipl.-Geol. S. Wicht